

STABILITY ANALYSIS OF EDGE RIVER LAWE LIANG PANGI AT LEUSER SUB-DISTRICT, SOUTHEAST ACEH REGENCY TOWARDS FLASH FLOOD

Azmeri¹, Devi Sundry²

^{1,2} Dosen Jurusan Teknik Sipil FT Universitas Syiah Kuala
Jalan Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam B. Aceh 23123
Email: azmeri73@yahoo.com, devisundry@gmail.com

Abstrak

Banjir bandang merupakan suatu proses aliran air yang deras dan disertai dengan muatan yang banyak, juga bongkah batuan, tanah dan batang kayu yang berasal dari arah hulu sungai. Banjir bandang dipicu oleh faktor iklim dan faktor geologi seperti longsor dan runtuhnya bendungan natural pada hulu sungai. Naiknya air pada saat banjir bandang terjadi secara tiba-tiba dan sangat cepat. Penelitian ini dilakukan di DAS Lawe Liang Pangi Kecamatan Leuser, Aceh Tenggara. Berdasarkan informasi, terjadi hujan deras selama 3 hari sebelum terjadinya banjir. Banjir terjadi pada jum'at tanggal 17 Agustus 2012 jam 22.00 WIB. Terjadi longsor di 15 lokasi. Kerusakan paling parah terjadi di Naga Timbul, Suka Damae, Sepakat, Gaya Sendah, Puncu Nali, dan Desa Indah Bun-bun. Topografi DAS di daerah Liang Lange Pangi merupakan daerah pegunungan dengan kemiringan sedang sampai curam. Tipe tanahnya adalah lanau berpasir halus sedikit lempung dan berwarna coklat tua dan jenis tanah ini rentan terhadap erosi. Tes stabilitas tanah pinggir sungai berasal dari dua lokasi, faktor keamanan pada kondisi ekstrim (banjir) lebih kecil (1,34) dari nilai standar (1,5). Kondisi banjir tidak aman terhadap penggerusan pinggir sungai, lebih berbahaya lagi ketika terjadi banjir bandang dengan kecepatan yang tinggi disertai muatan yang banyak. Rekomendasi untuk pencegahan dan mitigasi bencana banjir bandang di kec Leuser adalah pencegahan dan mitigasi berupa pertimbangan struktural pada lokasi yang cenderung bertipe banjir demikian dan pertimbangan non struktural termasuk vegetasi dan pekerjaan edukasi masyarakat untuk manajemen lahan.

Kata Kunci: banjir bandang, intensitas hujan, stabilitas lereng.

Abstract

Flash flood is a process flow of heavy water and massive load concentrated is accompanied, also rock chunks, soil and logs (debris) from the upstream. Flash flood's triggered by climatology and geological factors, landslides and natural damming at the upstream. The rising of water discharge flood process occurs suddenly and rapidly. The research in the Lawe Liang Pangi Watershed, Leuser Sub-district, Southeast Aceh Regency. Based on information, there are heavy rains occurred during the 3 days before the flood. Flooding occurred on Friday evening, August 17, 2012 at 22:00. Occured landslide at 15 locations. The most substantial damage is Naga Timbul, Suka Damae, Sepakat, Gaya Sendah, Puncu Nali, and Bun-bun Indah villages. Liang Lawe Pangi watershed topography is mountainous, moderate to steep slope. The soil type is a little fine sandy silt loam and dark brown, and the soil type is erosion susceptible. The river bank stability test results for the two sampling locations, the safety factor in extreme conditions (flooding) is smaller (1,34) than the standard value (1,50). The flood conditions (inundation) is not secure against river bank scour. It is certainly more dangerous when taken by flash floods at a large velocity and followed by massive load. Recommendations for prevention and mitigation of flash flood disasters in Leuser Sub-district, the disaster prevention and mitigation

in the structural measures that to typical flood prone locations and non-structural measures including vegetation and public education work for the land management.

Keywords: *flash flood, rain intensity, edge stability.*

PENDAHULUAN

Banjir bandang merupakan suatu proses aliran air yang deras dan pekat karena disertai dengan muatan masif bongkah-bongkah batuan dan tanah serta batang-batang kayu (debris) yang berasal dari arah hulu sungai. Banjir bandang ini dipicu oleh faktor-faktor klimatologis dan juga geologis antara lain longsor dan runtuhnya pembendungan alamiah di daerah hulu. Selain berbeda dari segi muatan yang terangkut di dalam aliran air tersebut, banjir bandang ini juga berbeda dibandingkan banjir biasa. Sebab, dalam proses banjir ini, terjadi kenaikan debit air secara tiba-tiba dan cepat (Price, 2009).

Penelitian ini dilakukan pada DAS Lawe Liang Pangi Kecamatan Leuser Aceh Tenggara. Setelah terjadinya banjir bandang Leuser, banyak pendapat dan saran yang diberikan kepada Dinas Pengairan Aceh (khususnya) terkait dengan penanganan banjir bandang di Kecamatan Leuser Kabupaten Aceh Tenggara. Berdasarkan sumber berita Metrotvnews, menurut Kepala Dinas Pengairan Aceh diperlukan perlakuan struktural penguatan tebing dan normalisasi aliran sungai pada daerah-daerah rawan seperti dalam wilayah empat desa yang dihantam banjir bandang dan tanah longsor di Kecamatan Leuser. Untuk itu akan dilakukan pelurusan sungai di beberapa lokasi. Namun kejadian banjir bandang di Aceh Tenggara seperti terdahulu akan menjadi sebuah rutinitas bila hanya dilakukan secara struktural saja dan tidak segera disikapi secara serius oleh pemerintah, terutama Pemerintah Aceh.

Topografi daerah aliran sungai Lawe Liang Pangi Kecamatan Leuser Aceh Tenggara merupakan pegunungan dengan kemiringan

sedang hingga curam. Jenis tanah yang menghampar merupakan lanau berpasir halus sedikit lempung dan berwarna coklat tua. Jenis tanah ini peka terhadap erosi.

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas tebing sungai Lawe Liang Pangi Kecamatan Leuser Aceh Tenggara. Informasi stabilitas tebing sungai dan lereng bermanfaat sebagai manajemen mitigasi bencana banjir bandang Kecamatan Leuser untuk mempertahankan kelestarian sumber daya air dan lahan pada DAS Lawe Liang Pangi Kecamatan Leuser Aceh Tenggara.

TINJAUAN PUSTAKA

Konsep Kestabilan Lereng

Konsep stabilitas lereng sangat dibutuhkan dalam mengembangkan penggunaan lereng pada saat ini. Dengan meningkatnya penggunaan lereng untuk kepentingan manusia, maka dibutuhkan pengembangan konsep stabilitas lereng yang bertujuan untuk mengatasi masalah keruntuhan lereng. Untuk dapat mengatasi masalah keruntuhan lereng tersebut, maka diperlukan pemahaman terhadap parameter yang berkaitan dengan keruntuhan lereng, analisis stabilitas lereng dan pemilihan metode perbaikan atau perkuatan lereng yang efektif. Dengan adanya konsep kestabilan lereng yang baik, keruntuhan lereng ataupun kegagalan desain lereng buatan dapat dihindari.

Menurut Arief (2007 : 1), tujuan dari analisis stabilitas lereng, adalah:

1. Untuk menentukan kondisi kestabilan suatu lereng.
2. Memperkirakan bentuk keruntuhan atau longsoran yang mungkin terjadi.

3. Menentukan tingkat kerawanan lereng terhadap kelongsoran.
4. Menentukan metode perkuatan atau perbaikan lereng yang sesuai.
5. Merancang suatu lereng galian atau timbunan yang optimal dan memenuhi kriteria keamanan dan kelayakan ekonomis.

Parameter yang dihasilkan dalam analisis stabilitas lereng adalah bentuk bidang keruntuhan dan faktor keamanan. Das (1993:165) mengatakan bahwa angka keamanan (F_s) didefinisikan sebagai:

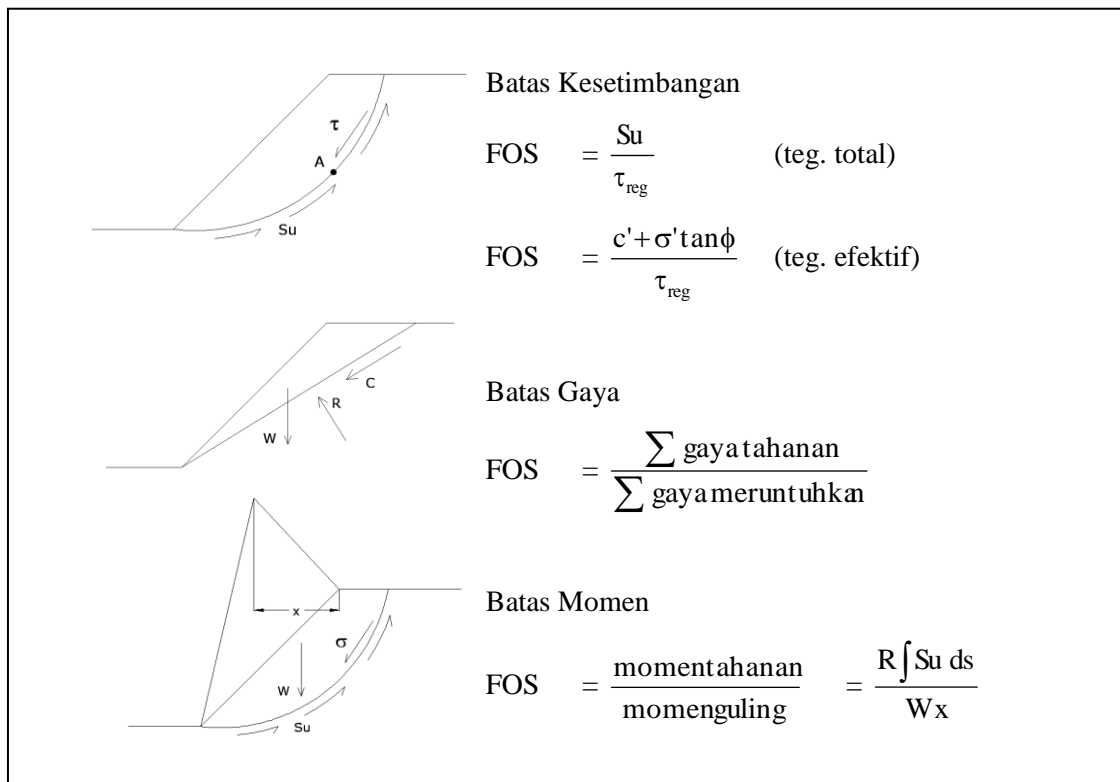
$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (1)$$

di mana kekuatan geser tanah (τ_f) yang terdiri dari 2 (dua) komponen yaitu kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) dapat dirumuskan seperti Persamaan 2.

$$\tau_f = c' + (\sigma - u) \tan \phi' \quad (2)$$

Rekomendasi Faktor Keamanan

Abramson, *dkk* (1995) memberikan gambaran beberapa definisi faktor keamanan yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Sumber: Abramson, *dkk* (1995)

Gambar 2. Variasi Definisi Faktor Keamanan

Tim Penasehat Konstruksi Bangunan (TPKB) mengeluarkan standar angka keamanan minimum untuk lereng galian terbuka berdasarkan keandalan penyelidikan lapangan yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Hasyim (2007) yang dikutip dari Liu dan Evett menunjukkan pengertian dari nilai faktor keamanan desain yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Faktor Keamanan Minimum untuk Lereng Galian Terbuka

Kondisi Lingkungan	Keandalan Paramter Tanah			
	Kurang		Cukup	
Tidak ada hunian manusia atau bangunan di sekitar	1,3	1,5	1,25	1,3
Banyak Bangunan sekitar	1,5	2	1,3	1,5

Sumber : Abramson, dkk (1995)

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan untuk Desain

No	Faktor Keamanan	Arti
1	Kurang dari 1,0	Tidak aman
2	1,0 – 1,2	Keamanan yang diragukan
3	1,3 – 1,4	Aman untuk galian, timbunan, diragukan untuk dam
	1,5 – 1,75	Aman untuk dam

Sumber : Liu dan Evett dalam Hasyim (2007)

Penyebab keruntuhan lereng

Peristiwa tanah longsor atau gerakan massa tanah, batuan dan kombinasinya sering terjadi pada lereng alam atau buatan dan hal tersebut sebenarnya merupakan fenomena alam di mana alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan yang mempengaruhinya dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah. Kontribusi peningkatan tegangan geser terjadi disebabkan adanya variasi gaya intergranuler yang diakibatkan oleh kadar air dalam tanah yang menimbulkan tegangan air pori dan tekanan hidrostatik dalam tanah meningkat. Bertambahnya berat beban pada lereng yang disebabkan air hujan yang berinfiltrasi ke dalam tanah di bagian lereng yang terbuka menyebabkan kandungan air dalam tanah meningkat, sehingga berat volume tanah bertambah dan berat pada lereng semakin berat. Pengaruh gempa juga menyebabkan kondisi lereng yang sebelumnya stabil menjadi labil. Kondisi ini terjadi akibat guncangan pada lapisan tanah di bumi, sehingga menimbulkan perubahan pada struktur tanah. Akibat pengaruh gempa, tegangan pori dalam lapisan tanah pasir ini meningkat, mengakibatkan tegangan efektif tanah menurun. Hal ini berarti tanah

kehilangan kuat dukung tanah, berakibat tanah pembentuk lereng di atas lapisan ini runtuh maka timbul masalah tanah longsor. Kontribusi pengurangan kuat geser tanah pada lereng yang mengalami longsor disebabkan oleh faktor kondisi geologi yaitu jenis tanah, dan tekstur dari tanah pembentuk lereng. Bentuk butiran tanah berpengaruh terhadap friksi yang terjadi dalam tanah, pelapisan tanah, pengaruh gempa, geomorfologi (kemiringan daerah), iklim dan hujan dengan intensitas tinggi menimbulkan perubahan parameter tanah yang berkaitan dengan pengurangan kuat gesernya (Suryolelono, 2000).

Berdasarkan hal tersebut, Arief (2007) yang dikutip dari Terzaghi membagi penyebab terjadinya longsor menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Penyebab eksternal yang menyebabkan naiknya gaya geser yang bekerja sepanjang bidang runtuh, antara lain perubahan geometri lereng, penggalian pada kaki lereng, pembebanan pada puncak atau permukaan lereng bagian atas, gaya vibrasi yang ditimbulkan oleh gempa bumi dan penurunan muka air tanah secara mendadak.
2. Penyebab internal yang menyebabkan turunnya kekuatan geser material, antara

lain pelapukan, hilangnya sementasi material dan berubahnya struktur material.

METODE PENELITIAN

Survey dan Data

Tim peneliti dalam pelaksanaan survey ini menggunakan dua metode pengumpulan data, yaitu:

1. Data sekunder yang didapat dari beberapa instansi terkait, berupa data hujan, peta Daerah aliran Sungai (DAS), peta tata guna lahan.
2. Data primer yang diambil langsung di lapangan, berupa kondisi dan lokasi dampak, pengambilan sampel tanah tak terganggu (*undisturbed sample*) pada tebing lereng sungai.

Adapun alat-alat yang digunakan dalam pengumpulan data primer, yaitu:

1. Dua unit GPS Garmin
2. *Tube* sampel tanah
3. Peralatan pengambilan sampel tanah

GPS digunakan untuk penelusuran kawasan genangan akibat banjir bandang, penentuan titik longsor dan lokasi infrastruktur rusak. *Tube* digunakan untuk pengambilan sampel tanah tebing lereng sungai dengan *Test Pit*.

Data primer dan sekunder akan digunakan untuk identifikasi bencana banjir bandang. Hasil dari pengolahan data ini menghasilkan rekomendasi untuk perencanaan perbaikan dan pembangunan kembali infrastruktur pasca bencana banjir bandang.

Kegiatan Survey

Langkah-langkah yang ditempuh oleh tim survey untuk mendapatkan data adalah:

1. Menginventarisir data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait (PU Pengairan) sehingga susunannya akan lebih mudah diinterpretasikan.
2. Melakukan survey sebagai penelitian lapangan untuk mendapatkan data primer tentang lokasi, pengambilan

undisturbed sample dan kerusakan akibat banjir bandang.

3. Mencatat seluruh data yang telah dikumpulkan, kemudian mengolah dan menganalisis data yang telah tersusun untuk kemudian diperoleh hasil untuk dilakukan pembahasan.

Rincian kegiatan survey kondisi lapangan, karakteristik dan dampak banjir terhadap infrastruktur (pengairan, perumahan, dan transportasi) adalah:

1. Pengumpulan data, peta dan informasi kondisi banjir bandang dari badan/intansi terkait (PU Pengairan) di lokasi studi;
2. Pengamatan langsung bekas ketinggian aliran banjir bandang yang terjadi, dengan melihat bekas-bekas garis banjir pada bangunan dan infrastruktur yang ada;
3. Inventarisasi kondisi prasarana infrastruktur di daerah yang terkena banjir secara langsung dan mengkombinasikan dengan data yang diperoleh dari dinas terkait (PU Pengairan);
4. Pengamatan morfologi sungai dan morfologi lereng; dan
5. Melaksanakan tanya jawab dengan masyarakat yang terkena dampak langsung bencana banjir bandang.

Data yang dikumpulkan dalam pekerjaan survey adalah:

1. Karakteristik banjir meliputi lokasi dan ketinggian genangan banjir.
2. Kelongsoran tebing-tebing sungai.
3. Kerusakan infrastruktur khususnya prasarana dasar pengairan dan transportasi.
4. Data dan peta penunjang meliputi:
 - Peta Topografi.
 - Peta Tata Guna Lahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini disajikan hasil perhitungan analisis Tebing Sungai Lawe Liang Pangi Kecamatan Leuser Aceh Tenggara. Pembahasan dikembangkan dengan dasar teori dan literatur yang telah dikemukakan.

Gambaran Umum Daerah Studi

DAS Lawe Liang Pangi mempunyai luas daerah tangkapan hujan (*catchment area*) sebesar 19,80 km² dan panjang sungai utama sekitar 6,90 km. Penggunaan lahan daerah studi umumnya adalah hutan sekunder dan kebun campuran yang ditanami jagung dan palawija (Gambar 2).

Sungai ini merupakan salah satu anak sungai Lawe Renun yang bermuara ke sungai Lawe Alas, dan sesuai dengan Keputusan Presiden RI nomor 12 tahun 2012 tentang Penetapan Wilayah Sungai termasuk ke dalam SWS 01.09.A2 Lawe Alas-Singkil. Secara geografis DAS Lawe Liang Pangi terletak pada koordinat antara 97°57'02"-97° 58'57" BT dan 03°07'03"-03°08'28" LU, sementara lokasi desa yang terkena bencana banjir bandang terletak pada sekitar koordinat 97°58'09" BT dan 03°06'05" LU.

Morfologi Sungai

Kondisi topografi lokasi studi secara umum bergelombang dan merupakan perbukitan terjal, dengan elevasi hulu sungai berada pada ketinggian sekitar +680 m dpl dan hilir sungai (pertemuan dengan sungai Lawe Renun) pada elevasi +60 m dpl. Bagian tengah ke hulu mempunyai slope sungai sekitar 0,11; bagian tengah ke hilir (pertemuan dengan sungai Lawe Renun) sekitar 0,06.

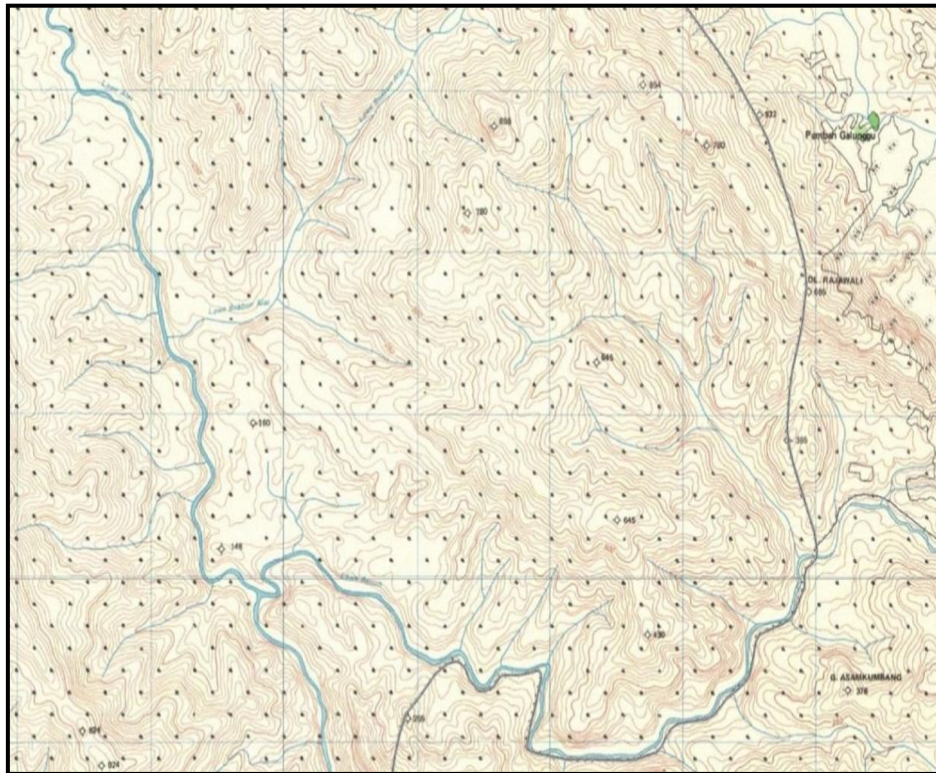
Iklim di Sub DAS Lawe Liang Pangi dapat digolongkan beriklim basah dengan curah hujan yang cukup tinggi berkisar antara 1400-4000 mm/tahun dan curah hujan harian maksimumnya berkisar antara 40-182 mm/hari.

Proses Kejadian Banjir Bandang

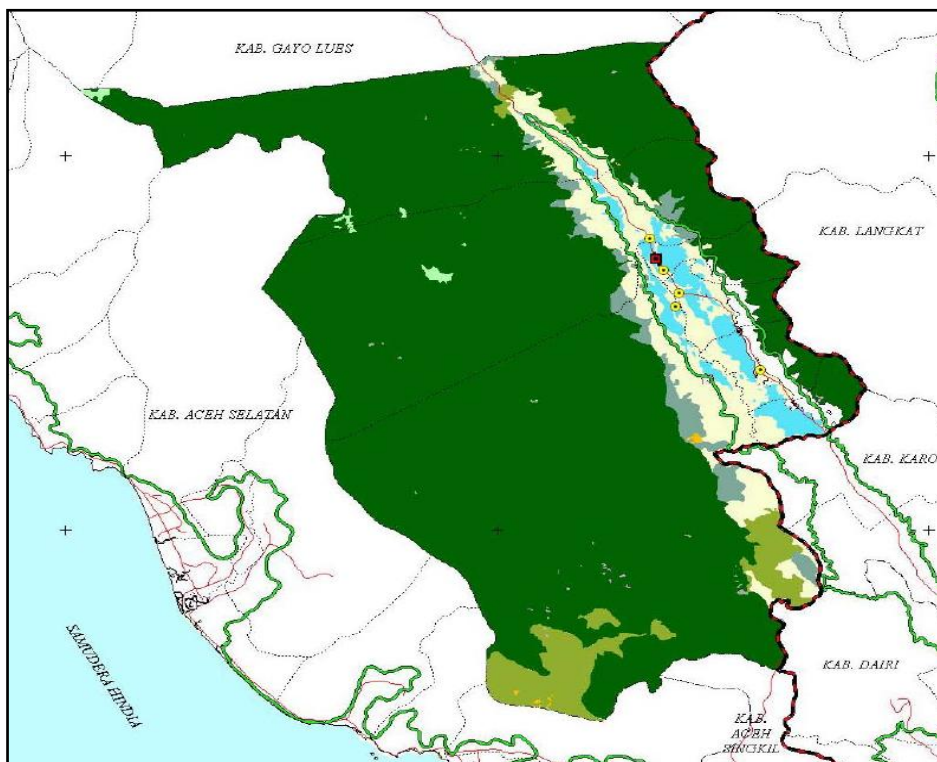
Berdasarkan keterangan warga Desa Naga Timbul, sebelum terjadi banjir daerah itu diguyur hujan deras selama tiga hari berturut-turut dengan intensitas yang cukup tinggi. Banjir terjadi pada Jumat malam, 17 Agustus 2012 sekitar pukul 22.00. Pada saat mendengar suara gemuruh air, seluruh warga panik dan mulai mengungsi ke dataran tinggi di kawasan perbukitan terdekat, tidak lama kemudian banjir bandang menyapu seluruh daerah yang dilewatinya. Banjir juga mengakibatkan jalan longsor di 15 lokasi.

Banjir yang terjadi tidak hanya akibat meluapnya air sungai dengan ketinggian aliran berkisar 1,0-1,5 m, tetapi juga kecepatan aliran air yang terjadi sangat deras yang disertai dengan muatan kayu, bongkahan batu dan sedimen. Aliran ini menghantam daerah yang dilewatinya, yang mengakibatkan kerusakan tebing sungai, perumahan penduduk, jalan, jembatan, sekolah dan lain-lain. Daerah yang paling besar mengalami kerusakan adalah Desa Naga Timbul, Suka Damae, Sepakat, Gaya Sendah, Puncu Nali, dan Bun-bun Indah.

Berdasarkan hasil survey lapangan dan secara literatur bahwa bencana banjir yang terjadi di Kecamatan Leuser Kabupaten Aceh Tenggara digolongkan sebagai banjir bandang. Kondisi tersebut dapat diidentifikasi dari kecepatan aliran yang cukup besar, benda-benda bawaan yang menyertai kecepatan surut yang sangat cepat serta daya rusak yang sangat besar. Hal ini dapat dilihat dari bentuk kerusakan yang terjadi seperti: pemukiman, jalan, dan jembatan di sepanjang desa yang dilalui oleh aliran sungai, gerusan tebing sungai, tanggul, serta endapan yang terjadi. Kejadian ini tentunya berbeda dengan banjir genangan atau banjir luapan air sungai.



a. Peta DAS Lawe Liang Pangi



b. Peta Tata Guna Lahan DAS Lawe Liang Pangi

Gambar 1. DAS Lawe Liang Pangi

Parameter Tanah dan Geometri Tebing Sungai

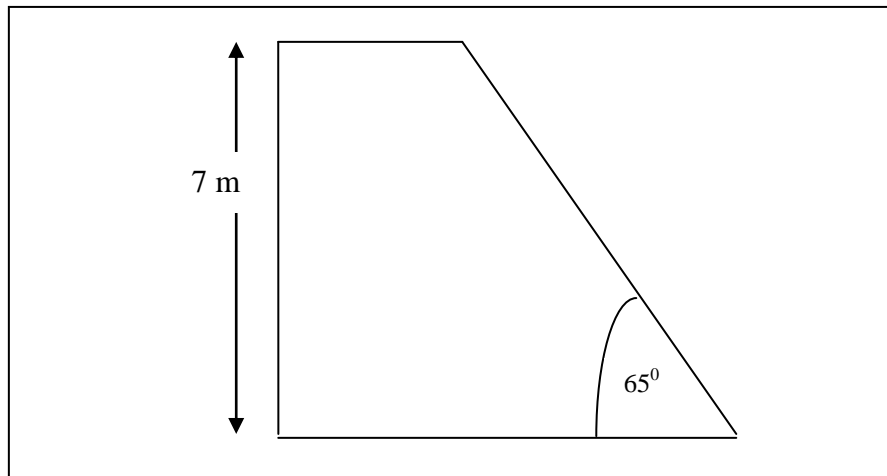
Data penyelidikan tanah yang digunakan dalam analisis ini adalah data hasil pemeriksaan Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Unsyiah. Parameter tanah

yang digunakan dalam analisis ini diperlihatkan pada Tabel 3.

Geometri tebing sungai dengan tinggi 7 meter dan sudut kemiringan (α) 65° . Adapun bentuk geometri dapat dilihat pada gambar 3 berikut.

Tabel 3. Parameter Tanah pada T01 dan T02

Parameter Tanah	T01	T02
<i>Specific Gravity</i>	2,576	2,672
γ_{dry} (kg/cm ³)	1,626	1,674
γ_{wet} (kg/cm ³)	1,885	1,854
Kohesi (c) (kg/cm ²)	0,343	0,343
Sudut Geser ($^\circ$)	31,17	30,00



Gambar 3. Geometri Tebing Sungai

Analisis Stabilitas Lereng

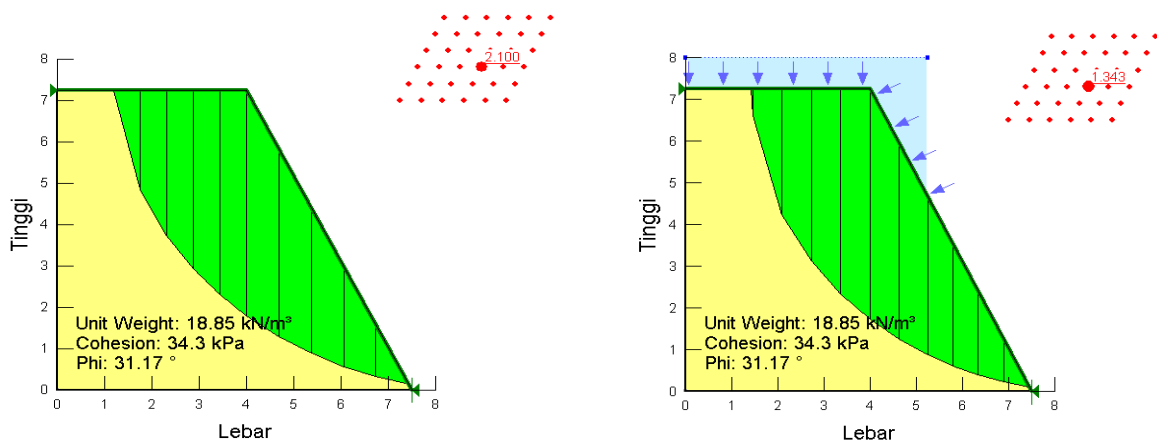
Analisis stabilitas lereng sungai diawali dengan pengambilan *undisturbed sample* yang dilakukan pada 2 (dua) lokasi di Tebing Sungai Lawe Liang Pangi. Sampel tanah yang diambil metode *Test Pit*

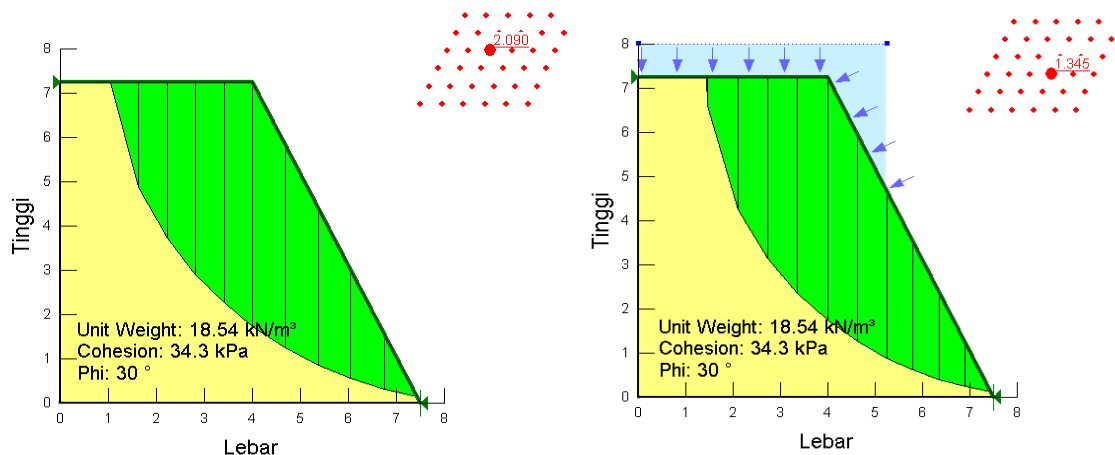
(Gambar. 4). Selanjutnya sampel tanah dilakukan pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unsyiah.



Dari hasil uji kedua sampel tanah, memiliki karakteristik tanah yang sama, dengan jenis tanah lanau berpasir halus sedikit lempung dan berwarna coklat tua. Berat volume tanah untuk sampel I sebesar $18,85 \text{ kN/m}^3$, nilai kohesi $34,3 \text{ kN}$, dan sudut geser $31,17^\circ$. Berat volume tanah untuk sampel II sebesar

18,54 kN/m², nilai kohesi 34,3 kN, dan sudut geser 30°. Kedua hasil uji sampel tanah tersebut dilakukan perhitungan stabilitas lereng dengan menggunakan *software* Geo Studio 2007 untuk kondisi normal (Gambar 5) dan kondisi banjir (Gambar 6).





Gambar 6. Kondisi Kestabilan Lereng II pada Kondisi Normal dan Kondisi Banjir

Pada lereng I dengan kondisi normal menghasilkan faktor keamanan (*Safety Factor*, SF) sebesar = 2,10 dan SF pada kondisi banjir sebesar = 1,343. Pada lereng II dengan kondisi normal memiliki SF = 2,09 dan SF pada kondisi banjir memiliki SF= 1,345. Rekomendasi Faktor Keamanan untuk desain telah memenuhi sebagai galian dan timbunan.

Tinjauan terhadap kondisi berbeban yaitu FS bernilai 2,00 untuk kondisi beban normal dan 1,50 untuk kondisi beban ekstrim. Dan bahwa pada kondisi ekstrim yaitu pada saat banjir tebing sungai lebih kecil dibandingkan nilai 1,50. Hal ini memberikan informasi bahwa pada kondisi banjir (genangan) tebing sungai tidak aman terhadap gerusan. Hal ini tentu lebih berbahaya bila dilalui oleh banjir bandang dengan kecepatan aliran yang sangat besar dan diiringi dengan muatan masif.

Berdasarkan hasil penentuan keruntuhan busur lingkaran pada tebing sungai dapat dikategorikan bahwa bentuk keruntuhan yang terjadi merupakan jenis lereng *rotational sliding* yaitu keruntuhan lereng berbentuk setengah busur lingkaran. Hasil analisis tebing tersebut diperlukan usaha untuk mengantisipasinya.

Metode stabilitas lereng (tebing sungai) ini dapat dilakukan secara fisis, mekanis, khemis, dan *bioengineering*. Metode

stabilitas lereng secara fisis dilakukan dengan membuat lereng lebih landai, sehingga mengurangi beban di bagian atas lereng dengan memindahkan material di bagian puncak lereng ke kaki lereng, dan menempatkan konstruksi bahu lereng (*berm*). Metode mekanis dilakukan dengan menempatkan konstruksi penahan tanah konvensional, perkuatan tanah (*soil reinforcement*), dan dengan memancang tiang atau turap (*sheet pile*) di bagian lereng yang longsor. Metode stabilisasi dengan cara khemis merupakan usaha mencampur bahan tanah dengan semen (*soil cement-concrete*), atau bahan kapur, abu sekam padi (*rice husk ash*), abu terbang (*fly ash*), sementasi (*grouting*) untuk meningkatkan kuat geser tanah. Metode *Bioengineering* merupakan suatu usaha stabilisasi lereng dengan menutup lereng-lereng yang terbuka dengan tanaman.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis tanah pada tebing sungai merupakan tanah lanau berpasir halus sedikit lempung, hal ini mengidentifikasi bahwa apabila

tanah tersebut dalam kondisi jenuh air maka rawan terhadap kelongsoran.

2. Nilai faktor keamanan yang diperoleh pada kondisi tanah tidak jenuh (normal) maka tebing aman terhadap bahaya kelongsoran.
3. Untuk mengantisipasi kelongsoran lereng/tebing, selain perlakuan struktural diperlukan upaya non-struktural melalui metode Bioengineering yaitu menanam tanaman di sepanjang tebing sungai, seperti bambu pada tebing luar meander sungai dan tanaman rumput vertiver yang memiliki akar serabut cukup dalam untuk menjaga stabilitas lereng sungai.

Saran

1. Diharapkan untuk menjaga kestabilan tebing sungai maka sangat perlu untuk dilakukan penelitian lanjutan yaitu dengan pengujian di lapangan yang lebih spesifik.
2. Diharapkan juga untuk penelitian lanjutan agar memperhitungkan kestabilan tebing dengan menggunakan konstruksi geoteknik yang sesuai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Universitas Syiah Kuala yang telah membiaya penelitian ini. Penelitian ini merupakan bagian dari Skim Penelitian Unggulan Daerah pada Lembaga Penelitian Universitas Syiah Kuala melalui Dana APBNP (BOPTN) Tahun Anggaran 2012.

DAFTAR NOTASI

- τ_f = kekuatan geser rata-rata dari tanah (kg/cm^2);
 τ_d = tegangan geser rata-rata yang bekerja pada bidang longsor (kg/cm^2);
 c' = kohesi efektif (kg/cm^2);
 ϕ' = sudut geser efektif ($^\circ$);

σ = tegangan normal rata-rata permukaan bidang longsor (kg/cm^2); dan
 u = tekanan air pori (kg/cm^2).

DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, L. W., Lee, T.S., Sharma, S., dan Boyle, G.M. 1995. *Slope Stability and Stabilization Methods*. Wiley and Sons Inc. New York.
- Arief, S. 2007. *Metode-metode dalam Analisis Kestabilan Lereng*. www.scribd.com, Sulawesi Selatan.
- Das, B. M. 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Hasyim, A., 2007. *Slope Stability Analysis in Saturated Slope*, Faculty of Civil Engineering University of Teknologi Malaysia, inside.mines.edu. Malaysia.
- Metrotvnews.com, Aceh Tenggara Nasional, Selasa, 21 Agustus 2012 11:38 WIB.
- Price, C. 2009. *Early Warning System to Predict Flash Flood*, Geophysics and Planetary Physics Department. Tel Aviv University. Israel.
- Suryolelono, K. B., 2000, *Bencana Alam Tanah Longsor dalam Perspektif Ilmu Geoteknik*. lib.ugm.ac.id. Yogyakarta.

